

明 細 書

発明の名称：

分散電源統合管理装置、電力変換装置、電力系統管理システム、分散電源
管理方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、分散電源を管理する分散電源統合管理装置、電力変換装置、電力系統管理システム、分散電源管理方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 回転機である同期発電機が持つ動作特性をインバータ電源に疑似的に実装する仮想同期発電機（VSG: Virtual Synchronous Generator）制御と呼ばれる技術が知られている。仮想同期発電機制御を実装したインバータ電源である仮想同期発電機を用いると、同期発電機が持っている慣性力、同期化力といった能力をインバータ電源に付与することができ、インバータ電源の容量割合が大きい電力系統の安定動作に貢献できる効果がある。例えば、マイクログリッドなどの自立電力系統では、インバータ電源の容量割合が多いため、インバータ電源として仮想同期発電機を用いることで、自立電力系統の安定化への貢献が期待できる。仮想同期発電機は、出力電力が減少すると電圧周波数が上昇する垂下特性（ドループ特性）を有する。

[0003] 特許文献1には、電圧源型の電源である主制御発電装置と電流源型の電源である従制御発電装置とが共存するシステムにおいて、一定以上の大きさの外乱が発生した場合に、主制御発電装置が外乱分を全て負担することを防ぐために、従制御発電装置にドループ特性を持たせておく技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2011-67078号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 一方、分散電源として、電圧源型の電源である仮想同期発電機あるいは同期発電機が2台以上並列運転される場合がある。特許文献1では、従制御発電装置は電流源型の電源であり、電圧源型の電源の並列運転については考慮されていない。電圧源型の電源の並列運転を行う場合には、各分散電源の出力電力の分担比率に偏りが生じ、安定動作が破綻したことがある。

[0006] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、分散電源の安定動作の破綻を防止することができる分散電源統合管理装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示にかかる分散電源統合管理装置は、自立電力系統に接続され、電圧源として動作し、電圧周波数が出力電力に応じて変化し、電圧周波数が同一となるように動作する複数の分散電源、を管理する分散電源統合管理装置であって、複数の分散電源の出力電力の指令値である出力電力指令値を用いて、複数の分散電源のうちの少なくとも一部である制御対象分散電源に関して、出力電力と出力電圧周波数との関係を垂下特性として決定する垂下特性決定部と、垂下特性を示す情報である特性指定情報を制御対象分散電源へ通知する通信部と、を備える。

発明の効果

[0008] 本開示にかかる分散電源統合管理装置は、分散電源の安定動作の破綻を防止することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態1にかかる電力系統管理システムの構成例を示す図

[図2]実施の形態1のエネルギー管理装置、分散電源統合管理装置および分散電源の構成例を示す図

[図3]仮想同期発電機制御を行う実施の形態1の仮想同期発電機制御部の構成例を示す図

[図4]一般的な仮想同期発電機制御の垂下特性の一例を示す図

[図5]実施の形態1の垂下特性の一例を示す図

[図6]充電を許容する場合の実施の形態1の垂下特性の一例を示す図

[図7]実施の形態1の分散電源統合管理装置における処理手順の一例を示すフローチャート

[図8]実施の形態1の分散電源統合管理装置を実現するコンピュータシステムの構成例を示す図

[図9]実施の形態2の分散電源統合管理装置によって決定される垂下特性の一例を示す図

[図10]実施の形態2の分散電源統合管理装置によって決定される垂下特性の別の一例を示す図

[図11]実施の形態3にかかる電力系統管理システムの構成例を示す図

[図12]実施の形態3の分散電源統合管理装置の構成例を示す図

[図13]実施の形態3の垂下特性の一例を示す図

[図14]実施の形態4にかかる電力系統管理システムの構成例を示す図

[図15]実施の形態5にかかる図2に示す分散電源（電力変換装置）の詳細な構成例を示す図

[図16]図15に示すインバータ制御回路の詳細な構成例を示す図

[図17]図16に示す周波数生成回路の詳細な構成例を示す図

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、実施の形態にかかる分散電源統合管理装置、電力変換装置、電力系統管理システム、分散電源管理方法およびプログラムを図面に基づいて詳細に説明する。

[0011] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1にかかる電力系統管理システムの構成例を示す図である。本実施の形態の電力系統管理システム100は、エネルギー管理装置1および分散電源統合管理装置2を備える。電力系統管理システム100は、例えば、マイクログリッドにおける自立電力系統を管理する。自立電力系統は、例えば、スマートシティ、ビル、工場、離島などにおける自立電力系

統であるが、自立電力系統はこれらに限定されない。

- [0012] 自律電力系統には、例えば、図1に示すように、配電用電圧器3に接続される配電線4が設けられている。配電線4には、分散電源5-1, 5-2、負荷6および太陽光発電設備（図では、PVと略す）7が接続されている。
- [0013] 分散電源5-1, 5-2は、電圧源として動作し、電圧周波数が出力電力に応じて変化する特性を有する。分散電源5-1, 5-2は、例えば、同期発電機が持つ動作特性をインバータ電源に疑似的に実装した仮想同期発電機であるが、これに限定されず、電圧源として動作し、出力電力に基づいて電圧周波数を決定する電源であればよく、例えば、出力電力に基づく周波数の変化が比例関係となる特性を持つ電源や、一次遅れ特性を持つ電源であってもよい。
- [0014] また、分散電源5-1, 5-2は、制御が収束するならば、電圧周波数が同一となるように動作する。ここで、分散電源5-1, 5-2の電圧周波数が同一に収束する原理について説明する。一般に、電圧源として動作する電源が2台並列運転する場合、それぞれの電源が出力する電圧の位相が異なる時、位相が進んでいる電源（Aとする）から位相が遅れている電源（Bとする）に向かって有効電力の横流が発生する。この横流は、各電源が本来意図していた出力電力に重畳されるため、Aの出力電力は増加、Bの出力電力は減少する。これに伴い、各電源が有する、電圧周波数が出力電力に応じて変化する特性にしたがって、Aの電圧周波数は低下、Bの電圧周波数は上昇するため、当初存在した電圧位相の差が解消される方向へと作用する。これはAとBの位相関係が逆になっても同様に成立するため、次第に電圧位相の差は一定の均衡点に収束し、電圧周波数は一致する。
- [0015] 以下では、分散電源5-1, 5-2が仮想同期発電機である例について説明するが、分散電源5-1, 5-2は、上述したように、これに限定されず、電圧源として動作し、出力電力に基づいて電圧周波数を決定する電源であればよい。以下、分散電源5-1, 5-2を個別に区別せずに示すときには、分散電源5と記載する。なお、図1では、分散電源5が2台設けられてい

るが、分散電源 5 は 2 台以上であればよく、分散電源 5 の数は図 1 に示した例に限定されない。すなわち、分散電源 5-1, 5-2 は、複数の分散電源の一例である。分散電源 5 は、分散電源統合管理装置 2 によって制御される。なお、分散電源 5 を、電力系統管理システム 100 に含めてもよい。

[0016] 負荷 6 は、電力を消費する設備である。図 1 では、負荷 6 を 1 つ図示しているが、電力を消費する設備の数を示すものではなく、複数の設備をまとめて負荷 6 として図示している。また、図 1 では、負荷 6 を 1 つ図示しているが、接続位置は図 1 に示した例に限定されず、複数の負荷 6 が複数個所に接続されていてもよい。

[0017] 太陽光発電設備 7 は、電流源型の電源の一例である。太陽光発電設備 7 は、太陽光発電を行う太陽光発電パネルと、太陽光発電パネルによって発電された直流電力を交流電力に変換する PCS (Power Conditioning Subsystem) とを備える。太陽光発電設備 7 も、一般には分散電源であるが、分散電源 5-1, 5-2 とは異なり、電流源型の分散電源である。また、図 1 では、太陽光発電設備 7 を 1 つ図示しているが、太陽光発電設備 7 の数は、図 1 に示した例に限定されない。また、図 1 では、電流源型の電源として、太陽光発電設備 7 を図示しているが、蓄電池と PCS とで構成される電流源型の分散電源、風力発電を行う電流源型の風力発電設備などが、電流源型の分散電源として接続されていてもよい。なお、電流源型の分散電源のなかには、垂下特性を有するスマートインバータと呼ばれるものもあるが、これらは検出した周波数を用いて出力電力を制御するものであるため、スマートインバータは、本実施の形態の分散電源統合管理装置 2 による制御の対象外であり、分散電源 5 とは区別する。なお、電流源型の電源は、分散電源統合管理装置 2 によって制御される分散電源 5 にとっては、負の負荷とみなすこともできる。

[0018] なお、配電線 4 には、柱上変圧器、開閉器、遮断器、など図 1 には図示を省略しているが設備が設けられていてもよい。

[0019] エネルギー管理装置 1 は、例えば、CEMS (Community Energy Manage

ment System)、AEMS (Aria Energy Management System)、BEMS (Building and Energy Management System) などの自立電力系統における電力の需給を管理する装置である。エネルギー管理装置 1 は、電力の需要の予測結果に基づいて、電力の需給計画を作成し、需給計画に基づいて、分散電源 5 の出力電力の指令値である出力電力指令値を生成し、生成した出力電力指令値を分散電源統合管理装置 2 へ送信する。

[0020] 分散電源統合管理装置 2 は、エネルギー管理装置 1 から受信した出力電力指令値と、各分散電源 5 の定格容量（定格出力値）と、電圧周波数（以下、単に周波数とも呼ぶ）に関する制約を示す周波数制約情報とを用いて、各分散電源 5 の垂下特性を決定し、垂下特性の形状を示す特性指定情報を各分散電源 5 へ送信する。各分散電源 5 は、特性指定情報を用いて制御を行うことで、指定された垂下特性に基づく制御を実施する。

[0021] 図 2 は、本実施の形態のエネルギー管理装置 1、分散電源統合管理装置 2 および分散電源 5 の構成例を示す図である。図 2 に示すように、エネルギー管理装置 1 は、電力需要予測部 11、需給計画作成部 12、指令値決定部 13、通信部 14 および記憶部 15 を備える。

[0022] 記憶部 15 は、設備情報、需要実績情報および需要予測情報を記憶する。設備情報は、自立電力系統における各設備に関する情報であり、例えば、各設備の定格容量、充放電を行う設備における最大充電電力、最大放電電力などを示す情報である。需要実績情報は、自立電力系統における需要の実績、すなわち消費電力の実績を示す情報である。なお、この需要の実績は、太陽光発電設備 7、図示しない風力発電設備などのように再生可能エネルギーを利用した発電設備によって発電された発電電力の実績を含む。この発電電力は、負の値の需要（負の消費電力）となる。需要実績情報は、スマートメータと呼ばれる自動検針装置から取得された電力量などであってもよいし、太陽光発電設備 7 の PCS によって計測された発電電力を含んでいてもよいし、これら以外の手段で取得された実績値を含んでいてもよい。なお、負荷 6 による需要（実負荷）の実績と、発電電力の実績とをそれぞれ記憶部 15 に

格納してもよい。

- [0023] 電力需要予測部 11 は、記憶部 15 に格納されている需要実績情報を用いて、電力需要を予測し、予測結果を需要予測情報（電力需要予測情報）として記憶部 15 に格納する。需要予測情報は、例えば予測対象期間を定められた単位時間で分割した時間帯ごとの予測値である。予測の方法はどのような方法が用いられてもよいが、例えば、需要実績情報を用いて、平日／休日に分けた、時間帯ごとの平均値を予測値として用いてもよいし、さらに天候に応じて分けた、時間帯ごとの平均値を予測値として用いてもよい。予測の方法は、この例に限定されない。この需要予測情報は、発電電力の予測値（負の需要）を含む。なお、需要（実負荷）の実績と、発電電力とに分けて予測を行ってもよい。
- [0024] 需給計画作成部 12 は、記憶部 15 に格納されている需要予測情報を用いて、電力の需給計画を作成する。詳細には、需要予測情報を用いて、各時間帯の電力の需給バランスが成立するように分散電源 5 の出力電力を決定する。なお、分散電源 5 以外の発電機のうち出力電力を制御可能な図示しない発電機、図示しない蓄電池のうち充放電を制御可能な装置の充放電量などがある場合には、需給計画作成部 12 は、これらの発電機の出力電力、充放電量などについても決定する。
- [0025] 指令値決定部 13 は、需給計画作成部 12 によって作成された需給計画に基づいて、分散電源 5 の出力電力の指令値である出力電力指令値を決定し、決定した出力電力指令値を通信部 14 へ出力する。なお、需給計画作成部 12 を設けずに、指令値決定部 13 が、需要予測情報と複数の分散電源 5 の定格出力値とを用いて、複数の分散電源 5 の出力電力指令値を決定してもよい。
- [0026] 通信部 14 は、他の装置との間で通信を行う。例えば、通信部 14 は、指令値決定部 13 から受け取った出力電力指令値（分散電源 5 の出力電力指令値）を分散電源統合管理装置 2 へ送信する。以下、分散電源 5 の出力電力指令値を *P r e f* とも記載する。

- [0027] 分散電源統合管理装置 2 は、垂下特性決定部 2 1、特性指定情報生成部 2 2、通信部 2 3 および記憶部 2 4 を備える。
- [0028] 通信部 2 3 は、他の装置との間で通信を行う。例えば、通信部 2 3 は、エネルギー管理装置 1 から分散電源 5 の出力電力指令値を受信し、受信した出力電力指令値を垂下特性決定部 2 1 へ出力する。また、通信部 2 3 は、特性指定情報生成部 2 2 から受け取った特性指定情報および出力電力指令値を、通信ネットワーク 8 を介して、対応する分散電源 5 へ送信する。すなわち、通信部 2 3 は、垂下特性を示す情報である特性指定情報を分散電源 5 へ通知する。通信ネットワーク 8 は、有線ネットワークであってもよく、無線ネットワークであってもよく、これらの組み合わせであってもよく、どのようなネットワークであってもよい。
- [0029] 記憶部 2 4 は、自立電力系統における電圧周波数に関する制約情報である周波数制約情報と、各分散電源 5 の定格容量とを記憶する。周波数制約情報は、例えば、定格周波数（基準周波数）と、周波数の上限値と、周波数の下限値とを含む。周波数の上限値および下限値は、定格周波数との差として示されているとする。周波数の上限値および下限値をあわせて、周波数の上下限値とも呼ぶ。
- [0030] 垂下特性決定部 2 1 は、分散電源 5 - 1、5 - 2 の出力電力の指令値である出力電力指令値を用いて、分散電源 5 - 1、5 - 2 の少なくとも一部である制御対象分散電源に関して、出力電力と出力電圧周波数との関係を垂下特性として決定する。制御対象分散電源は、分散電源統合管理装置 2 から垂下特性が指定される電源であり、本実施の形態では、制御対象分散電源は、分散電源 5 - 1、5 - 2 である。垂下特性決定部 2 1 は、通信部 2 3 から受け取った出力電力指令値と、記憶部 2 4 に格納されている定格容量と、記憶部 2 4 に格納されている周波数制約情報とを用いて、各分散電源 5 の垂下特性を決定し、垂下特性を示す情報を出力電力指令値とともに特性指定情報生成部 2 2 へ出力する。垂下特性を示す情報は、例えば、垂下特性を直線とする場合には、出力電力－電圧周波数平面において垂下特性が通過する座標値で

示されてもよいし、電圧周波数が出力電圧に関する関数として示されてもよい。垂下特性を示す情報は、これらに限定されない。２次元垂下特性の決定方法については後述する。

[0031] 特性指定情報生成部２２は、垂下特性を示す情報を用いて、各分散電源５へ送信する特性指定情報を生成し、生成した特性指定情報を出力電力指令値とともに通信部２３へ出力する。特性指定情報は、垂下特性決定部２１から受け取った垂下特性を示す情報と同一であってもよいし、異なってもよい。特性指定情報の詳細については後述する。

[0032] 分散電源５は、PCS５１と、蓄電池５２とを備える。PCS５１は、インバータを備える電力変換装置である。PCS５１は、通信部５３、制御演算部５４および電力変換回路５５を備える。なお、分散電源５は、さらに図示しない太陽光発電パネルを備え、太陽光発電パネルがPCS５１に接続されていてもよい。

[0033] 通信部５３は、他の装置と通信を行う。例えば、通信部５３は、通信ネットワーク８を介して分散電源統合管理装置２から特性指定情報および出力電力指令値を受信し、受信した特性指定情報および出力電力指令値を制御演算部５４へ出力する。なお、ここでは、分散電源５が出力電力指令値を分散電源統合管理装置２から受信する例を説明するが、分散電源５は出力電力指令値をエネルギー管理装置１から受信してもよい。

[0034] 制御演算部５４は、特性指定情報および出力電力指令値を用いて、電力変換回路５５を制御するための制御定数を決定し、決定した制御定数を用いて、電力変換回路５５を制御する。電力変換回路５５は、インバータを含む回路であり、蓄電池５２の放電時には蓄電池５２から出力される直流電力を交流電力に変換し、蓄電池５２の充電時には配電線４から供給される交流電力を直流電力に変換して蓄電池５２へ出力する。

[0035] 制御演算部５４は、仮想同期発電機制御を行う機能を有する。図３は、仮想同期発電機制御を行う本実施の形態の仮想同期発電機制御部の構成例を示す図である。制御演算部５４は、例えば、図３に示す仮想同期発電機制御部

541を備える。図3を用いて、一般的な仮想同期発電機制御の垂下特性について説明する。

[0036] 図3に示した仮想同期発電機制御部541の伝達関数は、以下の式(1)で表すことができる。 ΔP は、出力電力指令値であるPrefから分散電源5の出力電力であるPoutを減じた値である。 ΔF は、電圧周波数から定格周波数を減じた値である。M、s、D、K、Tは、図3に示す制御定数である。Dは制動係数、Kはガバナゲイン、Mは慣性定数、Tはガバナ時定数である。

[0037] [数1]

$$G_{VSG}(s) = \frac{\Delta f}{\Delta P} = \frac{Ts + 1}{MTs^2 + (M + DT)s + (D + K)} \quad \dots (1)$$

[0038] 定常ゲインは、上記式(1)におけるsを、 $s \rightarrow 0$ とすると、以下の式(2)で表すことができる。

[0039] [数2]

$$G_{VSG}(0) = \frac{\Delta f}{\Delta P} = \frac{1}{D + K} \quad \dots (2)$$

[0040] つまり、定常動作のみ考える(過渡応答を無視する)ならば、下記の式(3)が成立する。

[0041] [数3]

$$\Delta f = \frac{1}{D + K} \Delta P = \frac{1}{D + K} (Pref - Pout) \quad \dots (3)$$

[0042] 上記の式(3)をPoutについて解くと、下記式(4)となる。

[0043] [数4]

$$Pout = Pref - (D + K)\Delta f \quad \dots (4)$$

[0044] 上記の式(4)は、垂下特性を示す式となる。すなわち、一般的な仮想同期発電機制御の垂下特性は、Prefを切片とし、 $-(D + K)$ を傾きとする直線である。図4は、一般的な仮想同期発電機制御の垂下特性の一例を示す図である。D、Kなどの制御定数は、本実施の形態の特性指定情報が分散

電源 5 に送信されない場合には、それぞれの分散電源 5 に対してあらかじめ定められた値（デフォルト値、初期値）を用いる。図 4 の横軸は ΔF を示し、縦軸は、図 1 に示した分散電源 5-1, 5-2 のそれぞれの出力電力 P_{out1} , P_{out2} を示している。なお、縦軸は、定格容量に対する比率で示されている。垂下特性 301 は、分散電源 5-1 の垂下特性であり、垂下特性 302 は、分散電源 5-2 の垂下特性である。図 4 に示した垂下特性 301, 302 は、分散電源 5-1, 5-2 のそれぞれに関してあらかじめ設定された制御定数 D , K によって垂下特性が定められる。すなわち、図 4 に示した例では、分散電源 5-1, 5-2 が分散電源統合管理装置 2 から特性指定情報を受信していない状態の垂下特性、すなわち分散電源統合管理装置 2 から垂下特性の形状が指定されない状態の垂下特性に相当する。図 4 では、図 1 に示した分散電源 5-1 に対する出力電力指令値を P_{ref1} とし、図 1 に示した分散電源 5-2 に対する出力電力指令値を P_{ref2} としている。また、図 4 に示した例では、出力電力指令値である P_{ref1} , P_{ref2} が放電の指令値であり、かつ出力電力指令値が放電の指令値である場合に充電を許容しない例を示している。

[0045] 図 4 に示すように、分散電源統合管理装置 2 から垂下特性の形状が指定されない場合には、各分散電源 5 が決定した制御定数に基づき上記式 (4) により、垂下特性 301, 302 が決まる。つまり、垂下特性 301 は、切片が P_{ref1} 、傾きが $-(D+K)$ の直線であり、垂下特性 302 は、切片が P_{ref2} 、傾きが $-(D+K)$ の直線である。この場合、図 4 に示すように、分散電源 5-1 は、垂下特性 301 における左上の太線で示したエリア 303 で、出力電力 P_{out1} が定格容量を超えることになる。分散電源 5-1, 5-2 は、電圧周波数が一致するように動作するため、分散電源 5-1, 5-2 の ΔF と出力電力を示す点とは縦に並ぶことになり、 ΔF が変化すると、縦に並んだ状態で垂下特性 301, 302 上を移動することになる。図 4 に示した例では、出力電力 P_{out1} が定格容量を超える ΔF となった場合でも、分散電源 5-2 の出力電力 P_{out2} は、定格容量に対して

余裕がある状態である。しかし、出力電力 P_{out1} が定格容量を超えると、制御が破綻することになる。このため、分散電源 5-1 の定格容量と分散電源 5-2 の定格容量との合計値である分散電源 5-1, 5-2 の供給力を十分に活用できないことになる。また、分散電源 5-2 は、垂下特性 302 における右下の太線で示したエリア 304 で、出力電力 P_{out2} が負の値になる。したがって、分散電源 5-2 は、充電を許容しないにもかかわらず充電が行われることになり、意図しない充電が行われることになる。

[0046] 上記のように、垂下特性の形状が指定されない場合には、定格容量の付近や出力電力が 0 の付近で、分散電源 5-1, 5-2 の出力電力の分担比率に偏りがあるため、安定動作が破綻したり、意図しない充電が行われたりといった問題が生じる。本実施の形態では、分散電源 5-1, 5-2 の垂下特性が、いずれも出力電力-電圧周波数平面における周波数の上限値と定格容量との交点を通るように、垂下特性の形状を決定する。また、分散電源 5-1, 5-2 の垂下特性が、いずれも出力電力-電圧周波数平面における周波数の下限値と出力電力 0 を示す直線との交点を通るように、垂下特性の形状を決定する。これにより、本実施の形態では、分散電源 5-1, 5-2 の出力電力の分担比率の偏りを抑制することができ、安定動作の破綻を防止することができる。また、意図しない充電の発生を防止することができる。

[0047] 図 5 は、本実施の形態の垂下特性の一例を示す図である。図 5 では、図 4 と同様に、横軸は ΔF を示し、縦軸は、図 1 に示した分散電源 5-1, 5-2 のそれぞれの出力電力 P_{out1} , P_{out2} を示している。垂下特性を決定する手順を説明する。まず、分散電源統合管理装置 2 は、分散電源 5 の電圧周波数の変化する範囲を制限するため、周波数上限値および下限値を決定する。周波数上限値および下限値は、例えば、自立電力システムを管理する一般送配電事業者が定める周波数規定範囲に従って決定してもよく、自立電力システムに接続される他の電源や需要家が要求する周波数範囲に基づいて決定してもよい。なお、周波数上限値および下限値は、外部から入力されてもよく、この場合、分散電源統合管理装置 2 は、入力に基づいて周波数上限値およ

び下限値を決定する。本実施の形態では、 $\Delta F = 0$ のときに、分散電源5-1, 5-2の出力電圧がそれぞれの出力電力指令値である P_{ref} , P_{ref2} となり、 ΔF が電圧周波数の下限値である周波数下限（周波数下限値）となるときに、分散電源5-1, 5-2のそれぞれの出力電力がいずれも定格容量となるように、垂下特性が決定される。すなわち、分散電源5の垂下特性は、出力電力－電圧周波数平面において、 $\Delta F = 0$, $P_{out} = P_{ref}$ の座標値の点である中間点と、 ΔF が周波数下限であり出力電力が定格容量となる点306とを通る直線で表される区間を含む。また、本実施の形態では、 ΔF が電圧周波数の上限値である周波数上限（周波数上限値）となるときに、分散電源5-1, 5-2のそれぞれの出力電力がいずれも0となるように、垂下特性が決定される。すなわち、分散電源5の垂下特性は、出力電力－電圧周波数平面において、 $\Delta F = 0$, $P_{out} = P_{ref}$ の座標値の点である中間点と、 ΔF が周波数上限であり出力電力が0となる点307とを通る直線で表される区間を含む。

[0048] 図5に示した例では、分散電源5-1に対応する垂下特性308は、点306と、 $\Delta F = 0$, $P_{out1} = P_{ref1}$ の座標値の点である中間点と、点307との3点を通る直線で表され、分散電源5-2に対応する垂下特性309は、点306と、 $\Delta F = 0$, $P_{out2} = P_{ref2}$ の座標値の点である中間点と、点307との3点を通る直線で表される。このように、本実施の形態では、垂下特性は、点306と、 $\Delta F = 0$, $P_{out} = P_{ref}$ の座標値の点である中間点と、点307とを通る直線で表され、 $\Delta F = 0$ を境に傾きが変化する直線で表される。点306は、 ΔF が周波数下限であり出力電力が定格容量となる点であり、出力電力の範囲の最大値に対応する点であることから、以下、点306を最大点とも呼ぶ。点307は、 ΔF が周波数上限であり出力電力が0となる点であり、出力電力の範囲の最小値に対応する点であることから、以下、点307を最小点とも呼ぶ。

[0049] 図5では、出力電力指令値が放電の指令値である場合に充電を許容しない例を示したが、出力電力指令値が放電の指令値である場合に充電を許容する

ように運用されてもよい。図6は、充電を許容する場合の本実施の形態の垂下特性の一例を示す図である。図6に示した例では、点306は、図5に示した例と同様であるが、充電を許容するため、 ΔF が周波数上限となるときの出力電力は充電方向の定格容量（負の値）である。すなわち、図6に示した例では、出力電力の範囲の最小値は充電方向の定格容量となり、最小点は点310となる。図6に示した例では、分散電源5-1に対応する垂下特性311は、点306と、 $\Delta F=0$ 、 $P_{out1}=P_{ref1}$ の座標値の点である中間点と、点310との3点を通る直線で表され、分散電源5-2に対応する垂下特性312は、点306と、 $\Delta F=0$ 、 $P_{out2}=P_{ref2}$ の座標値の点である中間点と、点310との3点を通る直線で表される。このように、最小点は、 ΔF が周波数上限でありかつ出力電力が0である点であってもよく、また、 ΔF が周波数上限でありかつ出力電力が充電方向の定格容量である点であってもよい。さらには、最小点に対応する出力電力、すなわち ΔF は周波数上限であるときの出力電力は、0と充電方向の定格容量とに限定されず、0と充電方向の定格容量との間の値であってもよい。

[0050] 以上のように、垂下特性決定部21は、電圧周波数が電圧周波数の下限値である周波数下限値と一致する場合に複数の分散電源5の出力電圧が定格出力値に一致するように垂下特性を決定する。すなわち、垂下特性決定部21によって決定される垂下特性は、例えば、出力電力－電圧周波数平面において、電圧周波数が電圧周波数の下限値である周波数下限値となる場合に複数の分散電源5の出力電圧が定格出力値に一致する特性である。また、図5および図6に示すように、垂下特性は、放電方向を正の出力電力とし、出力電力の増加にしたがって電圧周波数が単調に減少し、出力電力が、出力電力に対する指令値である出力電力指令値と一致する場合に、電圧周波数が定格周波数と一致し、電圧周波数が周波数下限値と一致する場合に出力電力が放電の定格出力値と一致する特性である。

[0051] また、垂下特性は、出力電力が、出力電力に対する指令値である出力電力指令値と一致する場合に、電圧周波数が定格周波数と一致し、電圧周波数が

周波数上限値と一致する場合の出力電力の定格出力値（充電の定格出力値の絶対値）に対する比が定められた値に一致する特性であり、定められた値は、0以下でありかつ -1 以上である。定められた値が0の場合が図5に示した例に対応し、定められた値が -1 の場合が図5に示した例に対応する。

[0052] 図5，図6では、出力電力指令値が放電の指令値である例を説明したが、出力電力指令値が充電の指令値である場合、すなわち、 P_{ref1} ， P_{ref2} が負の値である場合にも、同様に、垂下特性が決定される。この場合、最小点は、図6に示した例と同様に、 ΔF が周波数上限でありかつ出力電力が充電方向の定格容量である点である。最大点は、放電を許容しない場合には、 ΔF が周波数下限でありかつ出力電力が0である点であり、放電を許容する場合には、 ΔF が周波数下限でありかつ出力電力が定格容量（放電方向の定格出力値）である点である。放電の指令値の場合と同様に、最大点に対応する出力電力、すなわち ΔF が周波数下限であるときの出力電力は、0と放電方向の定格容量との間の値であってもよい。

[0053] なお、分散電源5が仮想同期発電機以外の、垂下特性を有する電圧源型の電源である場合にも、同様に垂下特性を決定することで、出力電力の分担比率の偏りを抑制することができる。また、以上説明した例では、周波数上限および周波数下限が、自立電力系統における電圧周波数の上限値および下限値である例を説明したが、周波数上限が自立電力系統において要求される電圧周波数の上限値より低い値に設定され、周波数下限が自立電力系統において要求される電圧周波数の上限値より高い値に設定されてもよい。

[0054] 次に、本実施の形態の分散電源統合管理装置2の動作について説明する。図7は、本実施の形態の分散電源統合管理装置2における処理手順の一例を示すフローチャートである。図7に示すように、出力電力指令値と定格容量と周波数の上下限值とを用いて最大点および最小点を設定する（ステップS1）。詳細には、垂下特性決定部21が、通信部23を介してエネルギー管理装置1から受け取った分散電源5に対応する出力電力指令値が、放電の指令値であるか、充電の指令値であるかを判断する。そして、垂下特性決定部

21は、判断結果と、記憶部24に格納されている各分散電源5の定格容量と、記憶部24に格納されている周波数制約情報における周波数上下限值と、を用いて最大点および最小点を設定する。出力電力指令値が放電の指令値である場合には、上述したように、最大点は、 ΔF が周波数下限であり、かつ出力電力が放電の定格容量となる点である。最小点は、充電を許容しない場合には、 ΔF が周波数上限であり、かつ出力電力が0となる点である。充電を許容する場合には、最小点は、例えば、 ΔF が周波数上限であり、かつ出力電力が充電の定格容量となる点である。充電を許容するか否かは、例えば、出力電力指令値とともにエネルギー管理装置1から指示されてもよいし、あらかじめ定められていてもよい。出力電力指令値が、充電の指令値である場合にも、上述したように、最大点および最小点が決定される。

[0055] 次に、分散電源統合管理装置2は、出力電力指令値と定格周波数とを用いて中間点を決定する（ステップS2）。詳細には、垂下特性決定部21が、分散電源5ごとに、電圧周波数が定格周波数でありかつ出力電力が出力電力指令値である点を中間点に設定する。なお、図4～図6では、横軸を ΔF としているが、 $\Delta F = 0$ が定格周波数に対応するため、横軸を電圧周波数 f とした場合には、 $\Delta F = 0$ は、 f が定格周波数となることに相当する。

[0056] 次に、分散電源統合管理装置2は、最大点、中間点および最小点を通り、出力電力に対して電圧周波数が単調減少するように垂下特性を決定する（ステップS3）。詳細には、垂下特性決定部21が、例えば、図5および図6に例示したように、中間点で傾きが変わる折れ線状の直線となるように、各分散電源5の垂下特性を決定し、決定した垂下特性を示す情報を特性指定情報生成部22へ出力する。垂下特性を示す情報は、垂下特性を、通過する点で示したものであってもよいし、2つの直線を一次関数で示した場合の係数を $\Delta F = 0$ を境に2種類示したものであってもよいし、これら以外であってもよい。図5および図6に例示した例では、垂下特性は、 $\Delta F = 0$ を境界とする傾きの異なる2種類の直線で表される。例えば、 $\Delta F = 0$ （ f が定格周波数に一致する値）を境に傾きが変わることをあらかじめ定めておき、 ΔF

= 0 の両側の 2 つの傾きを、垂下特性を示す情報としてもよい。

[0057] 次に、分散電源統合管理装置 2 は、決定した垂下特性に基づいて、分散電源 5 に通知する特性指定情報を生成する（ステップ S 4）。詳細には、特性指定情報生成部 2 2 は、垂下特性決定部 2 1 から通知された垂下特性を示す情報に基づいて、分散電源 5 ごとに特性指定情報を生成する。特性指定情報は、垂下特性決定部 2 1 から通知された垂下特性を示す情報自体であってもよい。この場合、垂下特性決定部 2 1 は設けられなくてよく、特性指定情報が特性指定情報として、垂下特性決定部 2 1 から通信部 2 3 へ通知されてもよい。また、特性指定情報は、分散電源 5 における制御の制御定数を含んでもよい。上述したように、垂下特性は式（4）で表すことができるため、例えば、特性指定情報生成部 2 2 は、 D 、 K に関して $-(D+K)$ が決定した垂下特性の傾きとなることを指定する情報を特性指定情報に含めてもよいし、 $-(D+K)$ が決定した垂下特性の傾きとなるように、 D 、 K をそれぞれ決定し、決定した D 、 K の値を特性指定情報に含めてもよい。制御定数である D 、 K は、傾きの変化に伴って変化するため、特性指定情報は、 D 、 K の値と値が変化する条件とを含む。変化する条件は、 D 、 K の値で指定されてもよいし、電圧周波数または出力電力で指定されてもよい。また、上述したように、傾きが $\Delta F = 0$ を境に変化するため、特性指定情報生成部 2 2 は、 $\Delta F = 0$ の両側の 2 つの直線にそれぞれ対応する制御定数を決定して特性指定情報に含める。なお、傾きが変更になる点に関する条件、すなわち $\Delta F = 0$ を境界として傾きが変更になることは、あらかじめ定められてもよいし、特性指定情報によって通知されてもよい。制御定数の値が変化する条件は、定格周波数と ΔF によって指定されてもよいし、周波数 F によって指定されてもよい。または、制御定数の値が変化する条件は、出力電力 P_{out} の値で指定されてもよい。

[0058] 以上のように、特性指定情報は、出力電力－電圧周波数平面において垂下特性を示す直線が通過する座標値を含んでもよいし、出力電力－電圧周波数平面における垂下特性を示す直線の傾きと傾きが変化する条件とを含ん

でいてもよい。また、特性指定情報は、垂下特性に対応する制御定数の値を示す情報と、当該制御定数の値が変化する条件とを含んでいてもよく、この制御定数は、例えば、仮想同期発電機制御に用いられる制御定数である。

[0059] 次に、分散電源統合管理装置 2 は、特性指定情報を分散電源 5 へ送信し（ステップ S 5）、処理を終了する。詳細には、ステップ S 5 では、特性指定情報生成部 22 が生成した特性指定情報を通信部 23 へ出力し、通信部 23 が、各分散電源 5 へ対応する特性指定情報を送信する。

[0060] 以上の処理によって、分散電源 5 は、特性指定情報を受信する。各分散電源 5 が、特性指定情報に基づく垂下特性を用いて制御を実施することで、周波数が低下した場合には、周波数の低下につれて各分散電源 5 の出力電力が同時に定格容量となるように制御することができ、出力電力の分担比率の偏りを抑制することができる。これにより、分散電源 5 の供給力を有効に活用することができる。なお、以上説明した例では、 $\Delta F = 0$ の両側の垂下特性を調整するようにしたが、いずれか一方に本実施の形態の垂下特性の決定方法を適用してもよい。例えば、 ΔF が負の場合、すなわち周波数が低下する側に適用することで、放電時に、分散電源 5 の供給力を有効に活用することができるという効果を奏することがきる。また、例えば、 ΔF が正の場合、すなわち周波数が上昇する側に適用することで、放電時に、意図しない充電動作を防ぐという効果を奏することがきる。

[0061] また、分散電源 5 が 3 台以上設けられる場合、分散電源統合管理装置 2 は、同様に、3 台以上の分散電源 5 の垂下特性が、いずれも、最大点と中間点とを通る直線と中間点と最小点とを通る直線とで表現されるように各分散電源 5 の垂下特性を決定すればよい。

[0062] 次に、本実施の形態の分散電源統合管理装置 2 のハードウェア構成について説明する。本実施の形態の分散電源統合管理装置 2 は、コンピュータシステム上で、分散電源統合管理装置 2 における処理が記述されたコンピュータプログラムであるプログラムが実行されることにより、コンピュータシステムが分散電源統合管理装置 2 として機能する。図 8 は、本実施の形態の分散

電源統合管理装置 2 を実現するコンピュータシステムの構成例を示す図である。図 8 に示すように、このコンピュータシステムは、制御部 101 と入力部 102 と記憶部 103 と表示部 104 と通信部 105 と出力部 106 とを備え、これらはシステムバス 107 を介して接続されている。制御部 101 と記憶部 103 とは処理回路を構成する。

[0063] 図 8 において、制御部 101 は、例えば、CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサであり、本実施の形態の分散電源統合管理装置 2 における処理が記述されたプログラムを実行する。なお、制御部 101 の一部が、GPU (Graphics Processing Unit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array) などの専用ハードウェアにより実現されてもよい。入力部 102 は、たとえばキーボード、マウスなどで構成され、コンピュータシステムの使用者が、各種情報の入力を行うために使用する。記憶部 103 は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) などの各種メモリおよびハードディスクなどのストレージデバイスを含み、上記制御部 101 が実行すべきプログラム、処理の過程で得られた必要なデータ、などを記憶する。また、記憶部 103 は、プログラムの一時的な記憶領域としても使用される。表示部 104 は、ディスプレイ、LCD (液晶表示パネル) などで構成され、コンピュータシステムの使用者に対して各種画面を表示する。通信部 105 は、通信処理を実施する受信機および送信機である。出力部 106 は、プリンタ、スピーカなどである。なお、図 8 は、一例であり、コンピュータシステムの構成は図 8 の例に限定されない。

[0064] ここで、本実施の形態のプログラムが実行可能な状態になるまでのコンピュータシステムの動作例について説明する。上述した構成をとるコンピュータシステムには、たとえば、図示しないCD (Compact Disc) -ROMドライブまたはDVD (Digital Versatile Disc) -ROMドライブにセットされたCD-ROMまたはDVD-ROMから、コンピュータプログラムが記憶部 103 にインストールされる。そして、プログラムの実行時に、記憶部 103 から読み出されたプログラムが記憶部 103 の主記憶領域に格納さ

れる。この状態で、制御部１０１は、記憶部１０３に格納されたプログラムに従って、本実施の形態の分散電源統合管理装置２としての処理を実行する。

[0065] なお、上記の説明においては、ＣＤ－ＲＯＭまたはＤＶＤ－ＲＯＭを記録媒体として、分散電源統合管理装置２における処理を記述したプログラムを提供しているが、これに限らず、コンピュータシステムの構成、提供するプログラムの容量などに応じて、たとえば、通信部１０５を経由してインターネットなどの伝送媒体により提供されたプログラムを用いることとしてもよい。

[0066] 本実施の形態のプログラムは、例えば、出力電力指令値を用いて、複数の分散電源のうちの少なくとも一部である制御対象分散電源に関して、出力電力と出力電圧周波数との関係を垂下特性として決定するステップと、垂下特性を示す情報である特性指定情報を制御対象分散電源へ通知するステップと、を分散電源統合管理装置２に実行させる。

[0067] 図２に示した垂下特性決定部２１および特性指定情報生成部２２は、図８に示した記憶部１０３に記憶されたコンピュータプログラムが図８に示した制御部１０１により実行されることにより実現される。図２に示した垂下特性決定部２１および特性指定情報生成部２２の実現には、図８に示した記憶部１０３も用いられる。図２に示した記憶部２４は、図８に示した記憶部１０３の一部である。図２に示した通信部２３は、図８に示した通信部１０５により実現される。また、分散電源統合管理装置２は複数のコンピュータシステムにより実現されてもよい。例えば、分散電源統合管理装置２は、クラウドコンピュータシステムにより実現されてもよい。

[0068] 図２に示したエネルギー管理装置１も、同様に、例えば、図８に例示したコンピュータシステムにより実現される。図２に示した電力需要予測部１１、需給計画作成部１２および指令値決定部１３は、図８に示した記憶部１０３に記憶されたコンピュータプログラムが図８に示した制御部１０１により実行されることにより実現される。図２に示した電力需要予測部１１、需給

計画作成部 12 および指令値決定部 13 の実現には、図 8 に示した記憶部 103 も用いられる。図 2 に示した記憶部 15 は、図 8 に示した記憶部 103 の一部である。図 2 に示した通信部 14 は、図 8 に示した通信部 105 により実現される。エネルギー管理装置 1 は複数のコンピュータシステムにより実現されてもよい。例えば、エネルギー管理装置 1 は、クラウドコンピュータシステムにより実現されてもよい。

[0069] 図 2 に示した分散電源 5 における制御演算部 54 は、例えば、処理回路によって実現される。この処理回路は、制御部 101 と記憶部 103 とで構成される処理回路であってもよいし、一部または全部が F P G A (Field Programmable Gate Array) , A S I C (Application Specific Integrated Circuit) などの専用回路をであってもよい。

[0070] 以上に述べたように、本実施の形態では、分散電源統合管理装置 2 は、各分散電源 5 の出力電圧周波数の上限値および下限値を決定し、決定した出力電圧周波数の上限値および下限値と、各分散電源 5 の定格容量と、各分散電源 5 の出力電力指令値とに基づいて、各分散電源 5 の垂下特性を決定し、垂下特性を指定する特性指定情報を各分散電源 5 へ送信するようにした。このため、分散電源 5 の安定動作を継続することができる。

[0071] 実施の形態 2.

次に、実施の形態 2 の垂下特性について説明する。本実施の形態の電力系統管理システム 100 の構成は、実施の形態 1 と同様であり、エネルギー管理装置 1 および分散電源統合管理装置 2 の構成も実施の形態 1 と同様である。以下、実施の形態 1 と異なる点を主に説明し、重複する説明を省略する。

[0072] 図 9 は、本実施の形態の分散電源統合管理装置 2 によって決定される垂下特性の一例を示す図である。図 9 に示した点 306, 307 は、図 5 に示した例と同様である。実施の形態 1 では、垂下特性は、最大点と中間点とを通る直線と、中間点と最小点とを通る直線との 2 種類の直線の組み合わせで表され、中間点を境に直線の傾きが変化した。図 9 に示した例では、同様に、最大点と中間点とを通る直線と、中間点と最小点とを通る直線との 2 種類の

直線の組み合わせで表されるが、境界となる中間点に対応する ΔF が分散電源5ごとに異なっている。

[0073] 図9に示した例においても、 $\Delta F = 0$ のときに、分散電源5-1, 5-2の出力電力が、それぞれ出力電力指令値 P_{ref1} , P_{ref2} となるように垂下特性が定められる。分散電源5-1の垂下特性314は、定格容量の $X\%$ （定格の $X\%$ ）に対応する点313を中間点とし、点306と中間点である点313とを通る直線と、点313と点307とを通る直線との2種類の直線の組み合わせで表される。点313は、点307と、 $\Delta F = 0$ でありかつ出力電力が P_{ref1} となる点とを通る直線が、定格の $X\%$ に対応する直線と交わる点である。また、分散電源5-2の垂下特性315は、定格容量の $Y\%$ （定格の $Y\%$ ）に対応する点316を中間点とし、点306と中間点である点316とを通る直線と、点316と点307とを通る直線との2種類の直線の組み合わせで表される。点316は、点306と、 $\Delta F = 0$ でありかつ出力電力が P_{ref2} となる点とを通る直線が、定格の $Y\%$ に対応する直線と交わる点である。図9に示すように、垂下特性を示す直線の傾きが変化する中間点は、実施の形態1の例に限定されず、 $\Delta F = 0$ に対応する点以外であってもよい。

[0074] また、図9に示した例では、垂下特性を示す直線の傾きが変化する点が1つであるが、複数の点で傾きが変化してもよい。すなわち、垂下特性は、 $\Delta F = 0$ で出力電力が出力電力指令値に一致し、最大点および最小点を通り、かつ、出力電力の増加にしたがって電圧周波数が単調に減少する特性であれば、2つ以上の点で傾きが変化する直線であってもよい。図9に示した例では、例えば、分散電源統合管理装置2は、傾きが変化する条件（傾きが変化する座標値など）と各区間における傾きとを特性指定情報として生成することができる。

[0075] 図10は、本実施の形態の分散電源統合管理装置2によって決定される垂下特性の別の一例を示す図である。図10に示した例では、分散電源5-1, 5-2のそれぞれに対応する垂下特性317, 318は曲線である。この

ように、 $\Delta F = 0$ で出力電力が出力電力指令値に一致し、最大点および最小点を通り、かつ、出力電力の増加にしたがって電圧周波数が単調に減少する特性であれば、垂下特性は曲線であってもよい。垂下特性を曲線とする場合には、例えば、多項式などの式により曲線を定めておき、分散電源統合管理装置 2 は、 $\Delta F = 0$ で出力電力が出力電力指令値に一致し、かつ最大点および最小点を通るように、多項式などの係数を定めることで垂下特性を決定する。なお、図 9, 10 では、出力電力指令値が放電の指令値である例を示しているが、出力電力指令値が充電の指令値である場合も同様に、中間点を分散電源 5 によって異ならせてもよく、垂下特性を曲線としてもよい。

[0076] 以上のように、本実施の形態では、実施の形態 1 とは異なる形状の垂下特性を例示した。このように、分散電源統合管理装置 2 が決定する垂下特性は、実施の形態 1 に示した例に限定されず、本実施の形態で述べた垂下特性を用いる場合も、実施の形態 1 と同様の効果が得られる。

[0077] 実施の形態 3.

図 11 は、実施の形態 3 にかかる電力系統管理システムの構成例を示す図である。本実施の形態の電力系統管理システム 100a は、分散電源統合管理装置 2 の代わりに分散電源統合管理装置 2a を備える以外は、実施の形態 1 の電力系統管理システム 100 と同様である。実施の形態 1 と同様の機能を有する構成要素は、実施の形態 1 と同一の符号を付して重複する説明を省略する。以下、実施の形態 1 と異なる点を主に説明する。

[0078] 電力系統管理システム 100a の管理対象の自立電力系統は、実施の形態 1 と同様に、例えば、スマートシティ、ビル、工場、離島などにおける自立電力系統であるが、自立電力系統はこれらに限定されない。電力系統管理システム 100a の管理対象の自立電力系統は、分散電源 5-1 の代わりに同期発電機 9 が設けられる以外は実施の形態 1 の自立電力系統と同様である。なお、分散電源 5-2, 同期発電機 9 を、電力系統管理システム 100a に含めてもよい。なお、図 11 では、分散電源 5 を 1 台図示しているが、分散電源 5 は複数であってもよい。本実施の形態では、分散電源 5 および同期発

電機 9 が複数の分散電源の一例となり、制御対象分散電源は分散電源 5 である。

[0079] 本実施の形態では、分散電源として同期発電機 9 が設けられ、同期発電機 9 と分散電源 5 - 2 とが、電圧周波数を一致させるように動作する。同期発電機 9 は垂下特性を有するが、同期発電機 9 の垂下特性は、仮想同期発電機の垂下特性とは異なり、ハードウェアの構成から決まる特性であり、分散電源統合管理装置 2 a からの指示によって変更することはできない。このため、本実施の形態では、同期発電機 9 の垂下特性をもとに、周波数の上下限值を決定し、決定した上下限值を用いて実施の形態と同様に分散電源 5 - 2 の垂下特性を決定する。

[0080] 図 1 2 は、本実施の形態の分散電源統合管理装置 2 a の構成例を示す図である。図 1 2 に示すように、本実施の形態は、垂下特性決定部 2 1 の代わりに垂下特性決定部 2 1 a を備え、記憶部 2 4 に記憶される情報に同期発電機特性情報が追加される以外は、実施の形態 1 の分散電源統合管理装置 2 と同様である。同期発電機特性情報は、同期発電機 9 の垂下特性を示す情報である。

[0081] 図 1 3 は、本実施の形態の垂下特性の一例を示す図である。垂下特性決定部 2 1 a は、記憶部 2 4 に格納されている同期発電機特性情報と、記憶部 2 4 に格納されている分散電源 5 - 2 の定格容量とを用いて周波数の下限値である周波数変動下限を決定する。図 1 3 に示すように、同期発電機 9 の垂下特性 3 2 0 は、直線であり、定格周波数において出力電力が出力指令値 P_{ref3} と一致する。本実施の形態では、同期発電機 9 の垂下特性 3 2 0 を示す直線と分散電源 5 - 2 の定格容量を示す直線との交点に対応する周波数を周波数変動下限とする。また、同期発電機 9 の垂下特性 3 2 0 と、出力電力 0 を示す直線との交点に対応する周波数を周波数変動上限とする。垂下特性決定部 2 1 a は、出力電力指令値、周波数変動上限および周波数変動下限に基づいて、実施の形態 1 と同様に分散電源 5 - 2 の垂下特性 3 2 1 を決定する。以上述べた以外の本実施の形態の動作は実施の形態 1 と同様である。な

お、分散電源 5 が複数設けられる場合も同様に、各分散電源 5 の垂下特性が、出力電力指令値、周波数変動上限および周波数変動下限に基づいて決定される。

[0082] このように、垂下特性決定部 21a は、同期発電機 9 の垂下特性を示す直線において出力電圧が制御対象分散電源である分散電源 5 の放電の定格出力値と一致する点の電圧周波数を周波数下限値とし、同期発電機の垂下特性を示す直線において出力電圧が 0 となる点の電圧周波数を周波数上限値として、分散電源 5 の垂下特性を決定する。

[0083] 本実施の形態の分散電源統合管理装置 2a は、実施の形態 1 の分散電源統合管理装置 2 と同様に、例えば、図 8 に例示したコンピュータシステムによって実現される。

[0084] 以上のように、本実施の形態では、分散電源として同期発電機 9 が含まれる場合に、同期発電機 9 の垂下特性に基づいて、周波数変動上限および周波数変動下限を決定し、実施の形態 1 と同様に分散電源 5 の垂下特性を決定するようにした。このため、分散電源として同期発電機 9 が含まれる場合に、実施の形態 1 と同様の効果を得られる。なお、以上述べた例では、実施の形態 1 と同様に垂下特性を決定したが、実施の形態 2 で述べたように、中間点を $\Delta F = 0$ に対応する点からずらして分散電源 5 の垂下特性が決定されてもよく、分散電源 5 の垂下特性が曲線で表されてもよい。

[0085] 実施の形態 4.

図 14 は、実施の形態 4 にかかる電力系統管理システムの構成例を示す図である。本実施の形態の電力系統管理システムは、分散電源統合管理装置 2b を含む。分散電源統合管理装置 2b は、実施の形態 1 のエネルギー管理装置 1 と分散電源統合管理装置 2 とを統合した装置であり、分散電源統合管理装置であるとともにエネルギー管理装置である。分散電源統合管理装置 2b は、例えば、電力の需給を管理するエネルギー管理装置に、垂下特性を決定するための機能が追加されたものであってもよい。なお、分散電源 5 を、電力系統管理システムに含めてもよい。実施の形態 1 と同様の機能を有する構

成要素は、実施の形態 1 と同一の符号を付して重複する説明を省略する。以下、実施の形態 1 と異なる点を主に説明する。

- [0086] 分散電源統合管理装置 2 b は、実施の形態 1 の分散電源統合管理装置 2 に、実施の形態 1 のエネルギー管理装置 1 の電力需要予測部 1 1、需給計画作成部 1 2、指令値決定部 1 3 および記憶部 1 5 が追加されたものである。なお、図 1 4 では、記憶部 1 5 と記憶部 2 4 とを個別に記載しているが、記憶部 1 5 と記憶部 2 4 とを統合して 1 つの記憶部としてもよい。
- [0087] 本実施の形態では、指令値決定部 1 3 は、決定した各分散電源 5 の出力電力指令値を垂下特性決定部 2 1 へ出力する。以上述べた以外の本実施の形態の動作は実施の形態 1 と同様である。
- [0088] 本実施の形態の分散電源統合管理装置 2 b は、実施の形態 1 の分散電源統合管理装置 2 と同様に、例えば、図 8 に例示したコンピュータシステムによって実現される。なお、本実施の形態の電力系統管理システムに分散電源を含めてもよい。
- [0089] 以上のように、分散電源統合管理装置 2 b が、出力電力指令値を生成する機能も有するようにしてもよい。なお、図 1 4 では、分散電源統合管理装置 2 b が、需要の予測も行う例を示したが、需要の予測は別の装置が行い、分散電源統合管理装置 2 b が、当該装置から需要予測情報を取得してもよい。この場合、分散電源統合管理装置 2 b は、電力需要予測部 1 1 を備えなくてもよい。また、需要の予測と需給計画の作成とを他の装置が行い、分散電源統合管理装置 2 b が、当該装置から需給計画を取得してもよい。この場合、分散電源統合管理装置 2 b は、電力需要予測部 1 1 および需給計画作成部 1 2 を備えなくてもよい。
- [0090] また、分散電源統合管理装置 2 b は、実施の形態 2 で述べたように、中間点を $\Delta F = 0$ に対応する点からずらして分散電源 5 の垂下特性を決定されてもよく、分散電源 5 の垂下特性を曲線で表すように決定してもよい。また、分散電源統合管理装置 2 b が、垂下特性決定部 2 1 の代わりに、実施の形態 3 の垂下特性決定部 2 1 a を備え、同期発電機 9 と分散電源 5 とが設けられ

た自立電力系統において、実施の形態３と同様に同期発電機９の垂下特性を用いて周波数変動上限および周波数変動下限を決定し、分散電源５の垂下特性を決定するようにしてもよい。

[0091] 実施の形態５．

図１５は、実施の形態５にかかる図２に示す分散電源（電力変換装置）５の詳細な構成例を示す図である。なお、実施の形態５に示す各図面については、上記実施の形態１～４と同様の機能を有する構成要素は、実施の形態１～４と同一の符号を付して重複する説明を省略する。以下、実施の形態１～４と異なる点を主に説明する。図１５に示す分散電源５は、図２に示す制御演算部５４、および電力変換回路５５を詳細に記したとともに、図２では図示を省略した電流・電圧計５６を追記している。電流・電圧計（交流電圧計測部）５６は、交流電流（交流系統電流）、および交流電圧（交流系統電圧）を計測し、計測結果を示す計測情報を制御演算部５４へ出力する。

[0092] 電力変換回路５５はＤＣ（Direct Current）／ＤＣ変換回路６１、電圧計６２、およびインバータ回路６３を備える。ＤＣ／ＤＣ変換回路６１は蓄電池５２から出力される第１の直流電圧を第２の直流電圧に変換する。電圧計６２はＤＣ／ＤＣ変換回路６１より出力される第２の直流電圧を計測する。インバータ回路（インバータ部）６３はＤＣ／ＤＣ変換回路６１より出力される第２の直流電圧（電力）を分散電源からの出力となる交流電圧（電力）に変換する。

[0093] 制御演算部５４はＤＣ／ＤＣ制御回路６４、およびインバータ制御回路６５を備える。また、ＤＣ／ＤＣ制御回路６４はＤＣ／ＤＣ変換回路６１を制御し、インバータ制御回路６５はインバータ回路６３を制御する。制御演算部５４はＤＣ／ＤＣ制御回路、およびインバータ制御回路６５で構成される。

[0094] 図１６は、図１５に示すインバータ制御回路６５の詳細な構成例を示す図である。図１６に示すように、インバータ制御回路６５は、交流周波数検出回路（周波数取得部）７１、周波数生成回路（周波数生成部）７２、交流電

圧目標値生成回路（交流目標電圧生成部）73、電圧制御回路74、および制御回路（インバータ制御部）75を備える。交流周波数検出回路71は電流・電圧計56より出力される計測情報から交流系統電圧の周波数を検出する。なお、本実施の形態では、交流周波数検出回路71は交流系統電圧の電圧位相についても検出するものとする。周波数生成回路72は交流周波数検出回路71より出力される交流系統電圧の周波数、電流・電圧計56より出力される計測情報、分散電源統合管理装置2から通知される各種情報をもとにインバータ回路63より出力する交流系統電圧の周波数、および位相を演算する。交流電圧目標値生成回路73は周波数生成回路72により算出された交流系統電圧の周波数、および交流周波数検出回路71にて検出した交流系統電圧の位相情報をもとにインバータ回路63より出力する交流系統電圧の目標値を算出する。なお、交流電圧目標値生成回路73が交流系統電圧の目標値を算出する際、交流系統電圧位相については周波数生成回路72にて算出した交流系統電圧の位相情報を用いてもよいことは言うまでもない。

[0095] 電圧制御回路74は交流電圧目標値生成回路73より出力される交流系統電圧の目標値をもとにインバータ回路63を電圧制御する際の指令値を生成する。制御回路75は、通信部53を介して分散電源統合管理装置2から通知された特性指定情報に基づき、交流周波数検出回路71、周波数生成回路72、交流電圧目標値生成回路73および電圧制御回路74を制御する。特性指定情報は、実施の形態1～4で述べた垂下特性を示す情報であり、ここでは、交流系統周波数基準値 F_{ref} を含んでいるとする。交流系統周波数基準値 F_{ref} は、実施の形態1などで述べた定格周波数（基準周波数）に相当する。また、以下では、特性指定情報は、垂下特性の傾きと傾きが変化する点とを示す情報を含み、傾きが変化する点は ΔF によって指定される例を説明するが、実施の形態1で述べたように、特性指定情報における垂下特性を指定するための情報はこの例に限定されない。

[0096] 図17は、図16に示す周波数生成回路72の詳細な構成例を示す図である。なお、本実施の形態5では周波数生成回路72の一構成例として実施の

形態１で説明した仮想同期発電機制御方式を使用する場合について説明する。なお、周波数生成回路７２の構成は図１７に示す仮想同期発電機制御方式に限るものではなく、他の構成の仮想同期発電機制御方式であってもよく、また、他の実施の形態に示すよう例えば図５、図６、図９、図１０、図１３に示すような垂下特性を与えるものであれば同様の効果を奏することは言うまでもない。図１７の説明に戻る。図１７に示すように、周波数生成回路７２は、周波数生成回路７２は、ガバナ回路８１、加算器８２、減算器８３、電力算出回路８４、演算部８９、乗算器９１、および積分器９２を備える。演算部８９は、同期発電機の過渡特性を模擬する仮想同期発電機制御部中の、同期発電機の動揺方程式を模擬する演算部であり、機械的回転子の慣性を模擬した慣性部と機械的回転子に制動力を加える制動力を模擬した制動部とを備える。具体的には、図１７に示すように、例えば、演算部８９は、減算器８５、積分器８６、乗算器８７、および垂下特性制御回路８８で構成される。演算部８９は、機械的回転子の慣性を模擬した慣性定数と機械的回転子の制動作用を模擬した制動係数を、それぞれ値の異なる少なくとも２種類の値に設定可能であり、これらの２種類の値は、分散電源統合管理装置２より通知される特性指定情報に基づいて設定される。

[0097] ガバナ回路８１は、通信部５３を介して制御回路７５に通知された交流系統周波数基準値（ F_{ref} ）、および交流周波数検出回路７１より出力される交流系統電圧の周波数検出結果（ F_{out} ）をもとに、制御回路７５より出力される目標電力値（ P_{ref} ）に加えるオフセット値を算出する。加算器８２は、ガバナ回路８１の出力と目標電力値（ P_{ref} ）を加算する。減算器８３は、加算器８２の出力から電力算出回路８４の出力を減算する。減算器８５は減算器８３の出力から乗算器８７の出力を減算する。積分器８６は減算器８５の出力を $1/M$ （ M は完成定数）倍して積分することで ΔF を示す ΔF 情報を生成して出力する。乗算器８７は積分器８６の出力に制動係数 D を乗算することで、例えば、図５に示す垂下特性を与える。具体的には、乗算器８７は、 ΔF がゼロ以上とゼロ未満とで制動係数の値を垂下特性制

御回路 88 からの制御に基づいて切り替えることで図 5 に示す垂下特性を実現する。垂下特性制御回路 88 は、制御回路 75 から通知される特性指定情報をもとに、積分器 86 から出力される ΔF 情報をもとに、 ΔF がゼロ以上の制動係数とゼロ未満の制動係数とを切り替えるように、制動係数を乗算器 87 に出力する。なお、制動係数の切り替えは、交流周波数検出回路 71 より出力される交流系統電圧の周波数の実測値と交流系統電圧周波数基準値 (F_{ref}) の差分値を用いて制御しても同様の効果を奏することは言うまでもない。

[0098] 加算器 90 は、演算部 89 より出力される ΔF 情報が示す ΔF に、交流系統電圧周波数基準値 (F_{ref}) を加算する。乗算器 91 は加算器 90 より出力される交流系統周波数に 2π を乗算する。積分器 92 は乗算器 91 より出力される角周波数 (ω) を積分し、交流系統電圧の位相を算出する。

[0099] 以下、図 2、図 5、および図 15～図 17 を用いて本実施の形態 5 の分散電源（電力変換装置）5 の動作について説明する。分散電源 5 の通信部 53 は、分散電源統合管理装置 2 より通知される特性指定情報を受信すると、特性指定情報をインバータ制御回路 65 内の制御回路 75 に出力する。制御回路 75 は、通信部 53 より通知された特性指定情報を、インバータ制御回路 65 内の各回路に出力する。なお、制御回路 75 は、特性指定情報の全てを各回路に出力してもよいし、それぞれの回路に必要な情報だけを抽出して各回路へ出力してもよい。図 15 に示した DC/DC 変換回路 61 は DC/DC 制御回路 64 から出力される指令値をもとに蓄電池 52 からの充放電電力を制御する。本実施の形態では、インバータ回路 63 は電圧源として制御（電圧制御）されるため、DC/DC 制御回路 64 は、電圧計 62 により計測された該第 2 の直流電圧が定められた電圧になるように蓄電池 52 の充放電電力を制御する。

[0100] 次に、インバータ回路 63 の動作を説明する。上述したように、インバータ回路 63 は電圧源として制御する。よって、インバータ制御回路 65 は電流・電圧計 56 より出力される計測情報（交流系統電圧および交流系統電流

の計測結果)、通信部53を介して通知された特性指定情報をもとにインバータ回路63を制御する。電流・電圧計56より出力される交流系統電圧の計測結果は、交流周波数検出回路71に入力され、交流周波数検出回路71は計測結果から交流系統電圧の周波数(交流系統周波数 F_{out})、および位相を検出する。例えば、交流周波数検出回路71は、交流系統電圧のゼロクロス点の検出時刻(前回検出したゼロクロス点時刻と今回検出したゼロクロス点時刻の差分(時間間隔)で周波数を算出するものとする)をもとに交流系統周波数 F_{out} 、および位相(ゼロクロス点位相)を検出する。交流周波数検出回路71の出力は周波数生成回路72に入力される。

[0101] 周波数生成回路72では、ガバナ回路81が制御回路75から出力される交流系統周波数基準値 F_{ref} (例えば60Hz)と交流周波数検出回路71によって検出された交流系統周波数 F_{out} とから、制御回路75から出力される目標電力値 P_{ref} に加えるオフセット値を算出する。なお、実施の形態5ではガバナ回路81を、ガバナゲイン(速度調整率 K_{gd} の逆数)とガバナ時定数 T_g とを用いて、 $-1/K_{gd} \times (1/(1+S \times T_g))$ で表される一次遅れ系としてモデル化した場合について説明する。なお、ガバナ回路81の構成(モデル)は該一次遅れ系モデルに限るものではなく、単にガバナゲインを乗算したモデル、あるいは例えば二次遅れ系など複雑なモデルを使用してもよいことは言うまでもない。

[0102] ガバナ回路81の出力は加算器82で制御回路75から出力される目標電力値(P_{ref})と加算され、減算器83にて電力算出回路84からの出力と減算される。電力算出回路84は電流・電圧計56から出力される計測情報、すなわち交流系統電流および交流系統電圧の計測結果をもとに、交流実効電力を算出する。なお、本実施の形態では電力算出回路84が交流実効電力を算出するよう構成したが、これに限るものではなく、電流・電圧計56から出力される計測情報をもとに瞬時電力値を算出し、算出結果をもとに電力値を算出するよう構成してもよいことは言うまでもない。

[0103] 減算器83の出力は、演算部89に入力される。具体的には、減算器83

の出力は、減算器 85 で乗算器 87 の出力が減算された後に、積分器 86 に入力される。積分器 86 は、減算器 85 の出力を M で除算し、除算結果を積分することで交流系統周波数基準値 F_{ref} との差分周波数 (ΔF) を算出する。積分器 86 の出力は乗算器 87、垂下特性制御回路 88、および加算器 90 に入力される。加算器 90 は、積分器 86 の出力に、制御回路 75 から出力される交流系統周波数基準値 F_{ref} を加算することで、インバータ回路 60 から出力する交流系統電圧の周波数を算出する。一方、乗算器 87 は、積分器 86 の出力に制動係数 D を乗算し、乗算した結果を減算器 85 に入力する。

[0104] 本実施の形態にかかる分散電源 5 は、上述したように、例えば図 5 に示す垂下特性を持つ。図 5 に示す垂下特性は $\Delta F = 0$ を境に垂下特性の傾きが異なる。本実施の形態 5 では垂下特性制御回路 88 で制動係数を積分器 86 から出力される ΔF 情報に基づき切り換えることで図 5 に示す垂下特性を実現する。よって、垂下特性制御回路 88 は、制御回路 75 より出力される 2 種類の制動係数 ($\Delta F \geq 0$ の場合に使用する制動係数と $\Delta F < 0$ で使用する制動係数の 2 種類) を積分器 86 より出力される ΔF の符号により切り替えるよう構成される。なお、ここでは、制動係数の切り替えに積分器 86 の出力を用いる例を示したが、これに限るものではなく、例えば、交流周波数検出回路 71 で検出した交流系統電圧の周波数から制御回路 75 から出力される交流系統周波数基準値 F_{ref} の減算結果を使用しても同様の効果を奏することは言うまでもない。また、図 9 に示す垂下特性の場合は、折れ点となる点 313 や点 316 の差分周波数を通知し、該差分周波数との大小関係で制動係数を切り替えるように構成してインバータ回路 63 より出力する交流系統電圧を制御してもよいことは言うまでもない。

[0105] 加算器 90 の出力は、目標交流電圧の周波数として交流電圧目標値生成回路 73 に入力されるとともに乗算器 91 に入力され、 2π と乗算され角速度 ω に変換される。乗算器 91 より出力される角速度 ω は、積分器 92 で積分され位相情報 θ に変換され交流電圧目標値生成回路 73 に入力される。交流

電圧目標値生成回路 7 3 は、制御回路 7 5 より出力される交流系統の電圧情報、周波数生成回路 7 2 より出力される交流系統電圧の周波数情報、および位相情報をもとに電圧制御回路 7 4 で使用する交流目標電圧値を生成する。電圧制御回路 7 4 は、交流電圧目標値生成回路 7 3 より出力される交流電圧目標値、電流・電圧計 5 6 より出力される計測情報（交流系統電圧の計測結果、および交流系統電流の計測結果）に基づきインバータ回路 6 3 を制御する制御指令を生成し、制御指令をインバータ回路 6 3 へ出力する。なお、詳細な説明は省略するが、電流・電圧計 5 6 より出力される交流系統電流の計測結果は、インバータ回路 6 3 が定格容量以上の電流を出力しようとした際に出力電流を制限するために使用される。

[0106] 本実施の形態の分散電源 5（電力変換装置）は以上のように構成されているので、分散電源統合管理装置 2 より出力される垂下特性を生成する際に使用する情報（ P_{ref} 、 F_{ref} 、速度調整率 K_{gd} 、ガバナ時定数 T_g 、慣性定数 M 、制動係数 D （2 種類）、制動係数切換え周波数情報）をもとに図 5 に示す垂下特性を周波数生成回路 7 2 で実現することができる。これにより、例えば、負荷の急変により急峻にインバータ回路 6 3 より出力する交流電流が大きくなったとしても、分散電源の出力電力の分担比率の偏りを抑制ができ、更にインバータ回路 6 3 から出力する交流系統電圧の周波数を分散電源 5 が制御可能な範囲に抑えることができる効果がある。なお、本実施の形態 5 では、垂下特性を図 1 7 に示すように仮想同期発電機制御で実現したがこれに限るものではなく、分散電源統合管理装置 2 より出力される垂下特性を生成する際に使用する情報をもとに垂下特性テーブルを生成し、生成した垂下特性テーブルを用いて電圧制御回路 7 4 で制御する際の交流系統電圧の周波数を制御するよう構成すれば同様の効果を奏する。また、垂下特性は図 5 に示すものに限るものではなく、図 6、図 9、図 1 0、図 1 3 に示すように、出力電力に対して電圧周波数が単調減少するように垂下特性を決定すれば同様の効果を奏することは言うまでもない。

[0107] 以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技

術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態同士を組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0108] 1 エネルギー管理装置、2, 2 a, 2 b 分散電源統合管理装置、3 配電用電圧器、4 配電線、5 分散電源、6 負荷、7 太陽光発電設備、8 通信ネットワーク、9 同期発電機、11 電力需要予測部、12 需給計画作成部、13 指令値決定部、14, 23, 53 通信部、15, 24 記憶部、21, 21 a 垂下特性決定部、22 特性指定情報生成部、51 PCS、52 蓄電池、54 制御演算部、55 電力変換回路、56 電流・電圧計、60, 63 インバータ回路、61 DC変換回路、62 電圧計、64 DC制御回路、65 インバータ制御回路、71 交流周波数検出回路、72 周波数生成回路、73 交流電圧目標値生成回路、74 電圧制御回路、75 制御回路、81 ガバナ回路、82, 90 加算器、83, 85 減算器、84 電力算出回路、86, 92 積分器、87, 91 乗算器、88 垂下特性制御回路、89 演算部、100, 100 a 電力系統管理システム。

請求の範囲

- [請求項1] 自立電力系統に接続され、電圧源として動作し、電圧周波数が出力電力に応じて変化し、電圧周波数が同一となるように動作する複数の分散電源、を管理する分散電源統合管理装置であって、
- 前記複数の分散電源の出力電力の指令値である出力電力指令値を用いて、前記複数の分散電源のうちの少なくとも一部である制御対象分散電源に関して、出力電力と出力電圧周波数との関係を垂下特性として決定する垂下特性決定部と、
- 前記垂下特性を示す情報である特性指定情報を前記制御対象分散電源へ通知する通信部と、
- を備えることを特徴とする分散電源統合管理装置。
- [請求項2] 前記垂下特性決定部は、出力電力の増加にしたがって電圧周波数が単調に減少するように前記垂下特性を決定することを特徴とする請求項1に記載の分散電源統合管理装置。
- [請求項3] 前記垂下特性決定部は、出力電力が前記出力電力指令値に一致する場合に電圧周波数が定格周波数と一致するように前記垂下特性を決定することを特徴とする請求項1に記載の分散電源統合管理装置。
- [請求項4] 前記垂下特性決定部は、電圧周波数の下限値である周波数下限値を決定し、前記複数の分散電源のそれぞれにおいて出力電力が定格出力値に一致する場合に電圧周波数が前記周波数下限値と一致するように、前記制御対象分散電源の前記垂下特性を決定することを特徴とする請求項1に記載の分散電源統合管理装置。
- [請求項5] 前記垂下特性決定部は、電圧周波数の上限値である周波数上限値を決定し、前記複数の分散電源のそれぞれにおいて出力電力の定格出力値に対する比が定められた値に一致する場合に電圧周波数が前記周波数上限値と一致するように前記制御対象分散電源の前記垂下特性を決定することを特徴とする請求項1に記載の分散電源統合管理装置。
- [請求項6] 前記垂下特性決定部は、電圧周波数の下限値である周波数下限値を

決定し、

前記垂下特性は、放電方向を正の出力電力とし、出力電力の増加にしたがって電圧周波数が単調に減少し、出力電力が、出力電力に対する指令値である出力電力指令値と一致する場合に、電圧周波数が定格周波数と一致し、電圧周波数が前記周波数下限値と一致する場合に出力電力が放電の定格出力値と一致する特性であることを特徴とする請求項 1 に記載の分散電源統合管理装置。

[請求項7]

前記垂下特性決定部は、電圧周波数の上限値である周波数上限値を決定し、

前記垂下特性は、放電方向を正の出力電力とし、出力電力の増加にしたがって電圧周波数が単調に減少し、出力電力が、出力電力に対する指令値である出力電力指令値と一致する場合に、電圧周波数が定格周波数と一致し、電圧周波数が前記周波数上限値と一致する場合の出力電力の定格出力値に対する比が定められた値に一致する特性であり、

前記定められた値は、0 以下でありかつ -1 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の分散電源統合管理装置。

[請求項8]

前記定められた値は0であることを特徴とする請求項 7 に記載の分散電源統合管理装置。

[請求項9]

前記定められた値は -1 であることを特徴とする請求項 7 に記載の分散電源統合管理装置。

[請求項10]

前記特性指定情報は、出力電力－電圧周波数平面において前記垂下特性を示す直線が通過する座標値を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の分散電源統合管理装置。

[請求項11]

前記特性指定情報は、出力電力－電圧周波数平面における前記垂下特性を示す直線の傾きと傾きが変化する条件とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の分散電源統合管理装置。

[請求項12]

前記特性指定情報は、前記垂下特性に対応する制御定数の値を示す

情報と、当該制御定数の値が変化する条件とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の分散電源統合管理装置。

[請求項13] 前記制御対象分散電源は、同期発電機の動作特性に相当する特性を模擬的に実装した仮想同期発電機制御を実施する仮想同期発電機であり、

前記制御定数が、前記仮想同期発電機制御に用いられる制御定数であることを特徴とする請求項 1 2 に記載の分散電源統合管理装置。

[請求項14] 前記複数の分散電源のうちの 1 つは同期発電機であり、

前記制御対象分散電源は、同期発電機の動作特性に相当する特性を模擬的に実装した仮想同期発電機制御を実施する仮想同期発電機であり、

前記垂下特性決定部は、電圧周波数の下限値である周波数下限値、および電圧周波数の上限値である周波数上限値を決定し、

前記同期発電機の垂下特性を示す直線において出力電力が前記制御対象分散電源の放電の定格出力値と一致する点の電圧周波数を前記周波数下限値とし、前記同期発電機の垂下特性を示す直線において出力電力が 0 となる点の電圧周波数を前記周波数上限値として、前記制御対象分散電源の前記垂下特性を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の分散電源統合管理装置。

[請求項15] 前記自立電力系統における需要の予測結果を示す需要予測情報と前記複数の分散電源の定格出力値とを用いて、前記複数の分散電源の前記出力電力指令値を決定する指令値決定部、

を備えることを特徴とする請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 つに記載の分散電源統合管理装置。

[請求項16] 自立運転時に、自立電力系統を管理する分散電源統合管理装置から通知される垂下特性を生成する際に必要な情報に基づき電圧源として動作する電力変換装置であって、

直流電力を前記電力変換装置の出力となる交流電力に変換するイン

バータ部と、

前記インバータ部より出力される交流電圧を計測する交流電圧計測部と、

前記交流電圧計測部によって計測された交流電圧の周波数情報を取得する周波数取得部と、

前記分散電源統合管理装置から通知される前記情報、前記交流電圧計測部によって計測された交流電圧の計測結果、および前記周波数取得部によって取得された前記周波数情報をもとに、前記インバータ部の交流電圧の周波数に関する情報である出力周波数情報を生成する周波数生成部と、

前記周波数生成部によって生成された前記出力周波数情報をもとに交流電圧の目標値を生成する交流目標電圧生成部と、

前記交流目標電圧生成部によって生成された前記目標値をもとに前記インバータ部を電圧源として制御するインバータ制御部と、

を備え、

前記周波数生成部は、前記分散電源統合管理装置から通知された前記情報をもとに、前記電力変換装置が自立系統に電力を供給する際は出力電力が定格出力値に一致する場合に該インバータ部が出力する交流電圧の周波数が、前記分散電源統合管理装置によって決定された周波数下限値と一致するように垂下特性を生成するよう制御することを特徴とする電力変換装置。

[請求項17]

少なくとも2台以上の前記電力変換装置が接続される自立電力系統を構成する場合において、前記分散電源統合管理装置から通知される前記情報は、各電力変換装置が自立系統に電力を供給する際は出力電力が定格出力値に一致する場合に該インバータ部が出力する交流電圧の周波数が、前記分散電源統合管理装置によって決定された周波数下限値と一致するよう生成されたものであることを特徴とする請求項16に記載の電力変換装置。

- [請求項18] 前記周波数生成部は、同期発電機の過渡特性を模擬する仮想同期発電機制御部を有し、前記仮想同期発電機制御部は、同期発電機の動揺方程式を模擬した演算部を有し、
- 前記演算部は、機械的回転子の慣性を模擬した慣性定数と機械的回転子の制動作用を模擬した制動係数を、それぞれ値の異なる少なくとも2種類の値に設定可能であり、前記分散電源統合管理装置より通知される前記情報が少なくとも慣性定数および制動係数を含むことを特徴とする請求項16に記載の電力変換装置。
- [請求項19] 前記分散電源統合管理装置より通知される前記情報が、少なくとも値の異なる2種類の制動係数と、前記制動係数を切り替える周波数を示す情報とを含むことを特徴とする請求項16に記載の電力変換装置。
- [請求項20] 自立電力系統における需要の予測結果を示す需要予測情報と、前記自立電力系統に接続され、電圧源として動作し、電圧周波数が出力電力に応じて変化し、電圧周波数が同一となるように動作する複数の分散電源の定格出力値とを用いて、前記複数の分散電源の出力電力の指令値である出力電力指令値を決定するエネルギー管理装置と、
- 前記複数の分散電源を管理する分散電源統合管理装置と、
- を備え、
- 前記分散電源統合管理装置は、
- 前記複数の分散電源の出力電力の指令値である出力電力指令値を用いて、前記複数の分散電源のうちの少なくとも一部である制御対象分散電源に関して、出力電力と出力電圧周波数との関係を垂下特性として決定する垂下特性決定部と、
- 前記垂下特性を示す情報である特性指定情報を前記制御対象分散電源へ通知する通信部と、
- を備えることを特徴とする電力系統管理システム。
- [請求項21] 自立電力系統に接続され、電圧源として動作し、電圧周波数が出力

電力に応じて変化し、電圧周波数が同一となるように動作する複数の分散電源、を管理する分散電源統合管理装置における分散電源管理方法であって、

前記複数の分散電源の出力電力の指令値である出力電力指令値を用いて、前記複数の分散電源のうちの少なくとも一部である制御対象分散電源に関して、出力電力と出力電圧周波数との関係を垂下特性として決定するステップと、

前記垂下特性を示す情報である特性指定情報を前記制御対象分散電源へ通知するステップと、

を含むことを特徴とする分散電源管理方法。

[請求項22]

自立電力系統に接続され、電圧源として動作し、電圧周波数が出力電力に応じて変化し、電圧周波数が同一となるように動作する複数の分散電源、を管理する分散電源統合管理装置に、

前記複数の分散電源の出力電力の指令値である出力電力指令値を用いて、前記複数の分散電源のうちの少なくとも一部である制御対象分散電源に関して、出力電力と出力電圧周波数との関係を垂下特性として決定するステップと、

前記垂下特性を示す情報である特性指定情報を前記制御対象分散電源へ通知するステップと、

を実行させることを特徴とするプログラム。